

Abstract not available for CN1237247

An apparatus and method for passively determining the depth and thickness of a subterranean geologic formation bearing hydrocarbons, e.g. oil and/or gas, or commercially important ore deposits, e.g. precious metals. The apparatus has an antenna to pick up extremely low frequency signals naturally emanating from the Earth's surface. In a preferred embodiment, the received signal is amplified and filtered. The signal is then modulated onto a carrier wave. The modulated signal is then filtered to eliminate one of the sidebands, for example, the lower sideband. An oscillator generates a tuning frequency which is then beat against the filtered, modulated signal in order to tune to a particular frequency. The oscillator sweeps through the range of frequencies, e.g., in the upper sideband portion of the filtered, modulated signal. For each desired frequency within this range which corresponds to a certain depth in the Earth, the tuned signal is adjusted to the desired frequency and is sent to a voltage level detector for detecting the tuned information and converting same to pulses. The pulses are counted over a desired time period to determine the pulse density, i.e., number of pulses per unit of time. A counter may be used and set as a trigger to send an output signal when a specific number of pulses per unit time is achieved. The pulses or output signal may be displayed, recorded and/or sent to a computer and later manipulated by varying the specified unit of time, i.e., the time span, to examine the pulse density information.

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 97198316.X

[43]公开日 1999年12月1日

[11]公开号 CN 1237247A

[22]申请日 97.7.23 [21]申请号 97198316.X

[30]优先权

[32]96.8.27 [33]US[31]08/703,485

[86]国际申请 PCT/US97/12882 97.7.23

[87]国际公布 WO98/09183 英 98.3.5

[85]进入国家阶段日期 99.3.26

[71]申请人 安德烈斯·M·Jr·阿里斯门迪

地址 美国德克萨斯州

共同申请人 约翰·R·杰克森

[72]发明人 约翰·R·杰克森

[74]专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

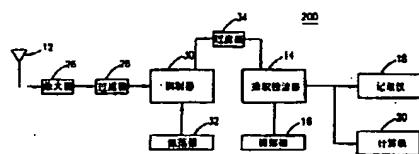
代理人 刘晓峰

权利要求书3页 说明书16页 附图页数10页

[54]发明名称 无源地球物理勘测仪器和方法

[57]摘要

一种用无源方法确定地下含碳氢化合物地质构造的深度和厚度的仪器(200)。该仪器有一个测知由地球表面自然释放的极低频率信号的天线(12)。该被接收信号被放大、过滤并随之调制到一个载波上。该被调制信号接着被过滤以清除其中一个边频带。一个振荡器(16)产生一个调谐频率，该调谐频率随后对被过滤、调制的信号进行冲击，以便调谐成一个特定的频率。该振荡器透过该频率范围扫描。对于每一个在这个范围内所需要的频率，所达被调谐信号被调节成这个所需频率并被送入一个电压水平探测器并把该相同频率转换成脉冲。该脉冲在一预定时间段内进行计数以确定脉冲的密度。



ISSN 1008-4274

权利要求书

1. 一种基于与低频电磁场相关的突变的探测进行无源地球物理勘测探的仪器，该仪器包括：

一个测知由地表释放的极低频信号的天线，其中所述信号包含一个频率范围并且其中所述信号中包含的每一频率与地球中的某一深度相对应；

一个产生调谐频率的振荡器，其中的振荡器能够产生上述信号中包含的频率并透过这些频率扫描；以及

一个乘积检波器，该探测器接收由天线测知的信号并利用由产生被调谐信号的振荡器所产生的调谐频率使天线测知的信号放大，这里的被调谐信号含有与对应于调谐频率的某一深度处的地下地质构造相关的信息。

2. 权利要求 1 中的仪器，其特征在于还包括：

用于使包含在被调谐信号中的被调谐信息数字化的方法。

3. 根据权利要求 2 所述的仪器，其特征在于其中所述数字化方法包括一个电压探测器，该电压探测器接收来自于乘积检波器的被调谐信号，探测该被调谐信号携带的被调谐信息并把该被调谐信息转换为脉冲。

4. 根据权利要求 3 所述的仪器，其特征在于其中的数字化方法还包括一个计数器，该计数器计算从电压探测器接收的脉冲数量并产生一个与在预定时间单位里所计算的脉冲数量相应的输出信号。

5. 根据权利要求 2 所述的仪器，其特征在于其中所述数字化方法包括一个计算机，该计算机被编程，以探测由被调谐信号携带的被调谐信息并把被调谐信息转换成脉冲。

6. 根据权利要求 1 所述的仪器，其特征在于还包括对所接收信号进行调节处理的方法。

7. 根据权利要求 6 所述的仪器，其特征在于其中所述的调节处理方法包括：

一个放大器和一个第一滤波器，两者的组合使被接收信号放大和过滤并产生一个经放大、过滤的信号；

一个调制器，用来把放大、过滤过的信号调制到一个载波上并产生一个具有所述载波，一个较高边频带和一个较低边频带的被调制信号；

一个第二滤波器，用于清除其中的一个边频带；并且其中所述振荡器扫描透过所保留边频带中包含的频率。

8. 一个进行无源地球物理勘探的方法，该方法包括：

用一个天线接收由地球表面释放的信号；

产生一个与地球表面释放的信号相对应的被接收信号，该被接收信号包含一个频率范围；

产生一个调谐频率；

至少透过包含在被接收信号中的频率范围扫描该调谐频率；

使被接收信号和所述调谐频率放大，产生一个结果信号；

同步地对包含在被接收信号内的频率范围的结果信号进行调谐；并且产生一个含有经调谐的信息的被调谐信号。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于还包括：

把经过调谐的信息转换成代表该信息特征的脉冲信息。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于其中所述的转换步骤包括把被调谐信息与一个参考点相比较并产生与该参考点相关的脉冲信息。

11. 一个进行无源地球物理勘探的方法，该方法包括：

接收一个由地球表面释放的信号；

产生与地球表面发出的信号相对应的一个被接收信号；

放大该被接收信号，产生一个被放大的信号；

使用振荡器产生一个载波；

调制带有被放大信号的载波，该被放大信号产生一个具有载波，一个较高边频带和一个较低边频带的被调制信号；

有选择地从被调制信号中清除载波，该被调制信号产生一个具有较高和较低边频带的输出信号；并且

清除其中一个边频带并产生一个单边频带信号。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于还包括：

产生一个调谐频率；

至少透过含在单边频带信号中的频率范围。扫描该调谐频率；

19-00-26

把所述单边频带信号和调谐频率放大，产生一个结果信号；
至少对含在单边频带信号中的频率范围上的这个结果信号进行同步调
谐；并且
为每一调谐频率产生一个被调谐信号，每一被调谐信号具有与地球表面
下某一特定深度相关的被调谐信息。

说 明 书

无源地球物理勘测仪器和方法

本发明频涉及无源地球物理勘测的仪器和方法。更具体地讲，本发明涉及在地球表面以非介入方式探测与极低频率电磁场相关联的地下突变。

该技术领域具有足够的各种各样用于无源地球物理勘测的无源方法和相关仪器。人们具有很强的愿望来找到此类技术方面的一种可靠方法，这种方法与实际钻探或实施非介入地球物理的勘测相比既简单因而是相对廉价的。这里所说的非介入勘测指地震测量法或与之相关的方法，并需要昂贵的对所得数据进行的计算机处理。这里所说的实际钻探和勘测是指在已知具有断层的区域或在未知地域，即盲目开掘地域所进行的钻探或勘测，或者是为了确定是否含油构造的地区被漏掉了或是否正好超出了现在油井的界限等而进行的钻探或勘测。

好几种无源方法都是使用一个天线来测知由地球表面释放的自然发生频率。一般来说，收到的信号被放大，过滤并探测。例如可参见 Helms 发明的美国专利 5,148,110 号，它是探测由地球表面发出的随时间变化的信号。Kober 等人发明的美国专利 4686475 号使用一个特制天线和一个可调谐的 RC 滤波器来探测大地电流的垂向电场分量，探测的实施是由操作者的耳朵靠听觉进行的。这种方法受操作者的主观影响，因而缺乏可靠性和恒定性。

有许多噪音与这些低频率信号相关并干扰这些信号。这就是为什么在信号的初始放大以后要进行低通(Low pass)和高通(high pass)过滤的一个原因。然而，由于信号的原始低频率，要分出它所携带的有价值的信息是困难的并且有必要进行调节。那些在这方面技术熟练的人员已经进行了长时间的努力，试图找到对所接收信号进行调节的恰当方法，以便能够稳定地，可靠地辨别那些有价值的信息。但这一努力并未取得很大成功。正是由于这一原因，这样的无源技术还没有被碳氢化合物探矿社团组织所接受并被贬到了“占卜棒”的位置。

一个问题在于简单的放大一般来讲不足以使滤波器有效地工作。鉴于这个理由，使用一种混合器，通过某些方法已经把一个由振荡器产生的频率附加于信号上，从而达到增加振幅并为过滤所接收的信号提供一个参考频率的目的。例如可参见 Lehan 等人发明的美国专利 3,078, 111 号(放大信号并随后附加振荡器频率)，Simon 等人发明的专利 3197704 号和 Waeselyck 等人发明的专利 4198596 号(放大、过滤、附加振荡频率，然后进行低通过滤)。大部分情况下，该振荡器控制所使用滤波器的中间通过频率。然而，所接收信号的质量并未得到加强并且可靠性与恒定性的问题依然存在。

本发明提供了一种利用由地球表面发出的低频信号进行无源地球物理勘测的高度可靠和恒定的方法和仪器。作为进行广泛实验测试的结果，已经得到了超过 70% 的成功率并且在预定的地点获得了具有重复性的结果。这对于在地下结构中确定不存在碳氢化合物或贵重金属是尤其准确的，对未经勘测，未经考证的地区来说是十分难能可贵的。这种仪器和方法与当前大量应用的方法相比既简单，又相对便宜，同时又快速省时。这种方法和仪器可单独用于碳氢化合物或贵重金属的勘测，或者与当前可获得的勘探方法相结合，在还没有花费精力和金钱实施更传统的，耗费大量时间和劳力且十分昂贵的勘测技术之前，被用以验证同一区域或者用以鉴别有开发前景和/或无开发前景的区域。

因此，人们提供了一种仪器和方法用无源方法确定含有碳氢化合物，如石油或天然气，或含有具有商业开采价值的重要矿藏，如贵重金属的地下地质构造的深度和厚度。在本发明的一个实施例中，其仪器具有一个测知由地表释放的极低频率信号的天线。该信号被认为与地球电磁场相关。该信号的每一频率与地球的某一深度相对应并携带与这样的地下地质构造相关的信息。与原有的技术不同，本发明的新型仪器有一个乘积检波器，它接收由天线测知的信号并使用由一个振荡器产生的频率把该信号放大。该振荡器具有扫描透过与所关注的深度相对应的频率的能力。通过“冲击”所接收信号的相应深度的频率，由乘积检波器为每一调谐频率产生一个被调谐的信号并在该信号中包含了与该深度相应的信息。该被调谐信号随后可以被送到显示器，记录装置或计算机中进行随后的处理和评价。

为了增强本发明的仪器的可靠性和可重复性，该仪器最好有一个电压探测器。这种电压探测器从乘积检波器接收经过调谐处理的信号，探测经调谐信号所携带的经调谐处理的信息并把经调谐的信息转换成脉冲。这些脉冲由电压探测器输出。这些脉冲或输出信号可以以数字方式记录在磁带上或者以模拟形式记录在条带记录仪上和/或送入计算机，在阴极射线管上显示并随后使用在该领域所熟知的方法和技术进行处理。这些脉冲在一预定的时间段里进行计数以确定脉冲的密度，即单位时间里脉冲的数量。请注意，电平(电压)探测器的功能可以由经过调谐的信号进行处理的计算机来完成(经过调谐的信号是被计算机实时接收的)，或者随后通过对被存储的经调谐过的信号信息进行计算处理并产生信息内容与电平(电压)探测器所产生的脉冲等同的数据来完成。在这两种方式中，脉冲密度都可使用计算机由脉冲数据来确定。再者，脉冲数据可以使用计算机进行处理，如通过改变具体的时间单位，即时间间隔来测定脉冲密度信息。另一方面，采用安装就位的电压探测器，该仪器还可以包含一个计数器，该计数器可被设定用来在达到特定的单位时间的脉冲数量时触发一个输出信号。这里的触发点可以被改变，从而改变具体的时间单位，即时间间隔来测定脉冲密度信息。

由于由地表释放的信号的低频率和低强度，被接收的信号最好经过调节处理以增加频率和信号强度，从而改善对被调谐的信号信息的探测。然后该信号被调制到一个载波上。被调制的信号接着经过过滤以消除其中一个边频带，例如，较低的边频带。在这种情况下，振荡器产生一个调谐频率，该调谐频率冲击经过过滤和调制的信号以便调谐成为一个特定的频率。该振荡器扫描透过剩余的经过过滤和调制的信号的边频带部分的频率范围，例如较高的边频带部分。对于这一范围内的每一所需要的频率，要产生一个相应于所需频率亦即相应于地球中某一深度的被调谐的信号。正如前面的实施例中所指出的，该仪器最好有一个电压探测器。该电压探测器接收来自于乘积检波器的调谐信号，探测由被调谐信号携带的被调谐信息并把被调谐的信息转换成脉冲。这里的脉冲由电压探测器输出。这些脉冲或输出信号可以以数字方式记录在磁带上或者以模拟形式记录在条带记录仪上和/或送入计算机在阳极射线管上显示并随后进行处理。这些脉冲在一预定的时间里进行计数以确定脉冲的密度，即单位时间里脉冲的数量。正如前指出的那样，电压探测器

的功能可以由对经过调谐的信号进行处理的计算机来完成(经过调谐的信号是被计算机实时接收的),或者随后通过对被存储的并经调谐的信号信息进行计算处理并产生信息内容与电压探测器所产生的脉冲等同的数据来完成。在这两种方式中,脉冲密度都可使用计算机由脉冲数据来确定。再者,脉冲数据可以使用计算机进行处理,如通过改变具体的时间单位,即时间间隔来测定脉冲密度信息。另一方面,采用安装就位的电压探测器,该仪器还可以包含一个计数器,该计数器可被设定用来在达到特定的单位时间的脉冲数量时触发一个输出信号。这里的触发点可以被改变,从而改变具体的时间单位,即时间间隔来测定脉冲密度信息。

按照本发明的另一个实施例,提供了一种无源地球物理勘测的方法,其中包括:

利用一个天线接收由地球表面释放的信号;

产生一个与地球表面释放的信号相对应的被接收信号;

产生一个调谐频率;

至少透过包含在被接收信号中的频率范围扫描该调谐频率;

使被接收信号和所述调谐频率放大,产生一个结果信号;

同步地对包含在被接收信号内的频率范围的结果信号进行调谐;并且产生一个含有经过调谐的信息的被调谐信号。

为了改善本发明方法的可靠性和可重复性,该方法最好还包括:

把经过调谐的信息转换成代表该信息特征的脉冲信息。该脉冲信息可使用计算机中的软件或硬件进行处理以便确定脉冲的密度。脉冲信息可通过把单个信息与参考点作比较来产生,也可通过对脉冲信息的调节来影响脉冲密度的变化以便进行评估。脉冲密度越大,出现存在所期望的矿物,如碳氢化合物或贵金属的征兆的可能性就越大。

鉴于由地球表面释放的信号的低频率和低信号强度,应当对所接收的信号进行调节。因此,提供了一种无源地球物理勘测方法,这一方法包括:

利用一个天线接收由地球表面释放的信号;

产生一个与地球表面释放的信号相对应的被接收信号;

对被接收信号放大,产生一个放大的信号;

使用一个振荡器产生载波;

调制携带有被放大信号的载波，产生一个具有载波，一个较高边频带和一个较低边频带的调制信号，其中对信号的调制即可以是振幅调制也可以是频率调制；

最好从被调制信号中取消载波，产生一个具有较高和较低边频带的输出信号；并且

使用滤波器清除其中一个边频带，最好使用一个能让较高边频带通过而不让较低边频带通过的高通滤波器把较低边频带清除掉。

该方法最好还包括：

产生一个调谐频率；

至少透过包含在被过滤、被调制的信号中的频率范围扫描该调谐频率；

使被过滤、被调制的信号和所述调谐频率放大，产生一个结果信号；

至少对包含在被过滤、被调制的信号内的频率范围的结果信号进行同步调谐；并且

为每一调谐频率产生一个被调谐的信号，每一被调谐的信号都具有被调谐的信息。

所述调谐频率最好使用一个振荡器产生，该振荡器最好能够增加(或根据要求减少)该调谐频率，增幅范围在 0.01 到 10 赫芝之间。所述扫描速率的范围最好在每秒 1 赫芝到每秒 200 赫芝之间。因此，该方法给出一个把时间与被调谐频率相联系从而与被调谐信息相应的深度相联系的记录曲线，一般具有电磁场突变或瞬间变态的形式，这种情况说明在该深度存在碳氢化合物或贵金属。

该结果信号包含与电磁场突变相关的被调谐的信息并且既可以以模拟形式也可以以数字形式被记录下来用于进行处理和说明。被调谐电磁场突变的模拟深测可通过把外差振荡器的结果信号输进一个电压水平比较器来完成，这样把微电磁场脉冲信号，即被调谐的电磁场突变或瞬间变态，转换成 5 伏电压的特征脉冲信号。对来自于电压比较器的脉冲进行计数，并在一预定时间段上把这些脉冲转换成与脉冲数目成比例的电压，以驱动一个模拟测量装置，例如，管脚式记录仪或速率计。该预定时间段可以在 0.01 秒到 10 秒之间。最好使用一个采用 IC 计数器的窗式探测器来计算在一预定时间段内微脉冲的数量，即脉冲密度。然后，在计数结果超过预定时间段内的预定数

目时，该计数器产生一个触发电压。

本发明的这些与另一些特征及优点将通过参考附图并进行下面的详细说明变得更加显而易见。

图 1 是本发明一个实施例简化的功能示意图；

图 2 是说明包含在由地表释放的信号中的频率与深度的关系图；

图 3 是本发明另一实施例简化的功能示意图；

图 4 是本发明又一实施例简化的功能示意图；

图 5 是本发明又一实施例简化的功能示意图；

图 6A 至 6G 是图 5 中所示实施例的详解图。

现在参见图 1，可以看到一个适于本发明目的仪器 10 的一个实施例的简化功能示意图。仪器 10 有一个接收由地球表面释放的低频率信号的天线 12。该释放信号在 0 到大约 5000 赫兹的电磁场频率范围中有一频率范围。在该范围中的每一个频率代表了与地球表面下某一深度相应的地下构造信息。请看图 2 中频率与深度的关系，其中的点代表实际数据，而点间连线代表了数据的插值。更具体的说，该频率与深度关系依赖于某一特定区域地球的电阻率和电特性。图 2 中那些实际数据点代表了来自于几个著名盆地与频率相对应的所观测深度的平均值。如上所述，对于某一特定频率来说其深度随地区不同而变化。尽管图 2 的曲线可用于估测，但深度/频率关系最好应根据所关注的特定区域来决定。这可以通过使用仪器 10 来决定地下异常情况的位置并把这一数据与有关该区域的已知信息，如已有的油井或地震数据等作比较来进行。这里的已知信息最好是使用仪器 10 所得到的。采用这种方式，所关注的特定区域的频率与深度之间的关系即可建立起来。

仍然参考图 1，天线 12 产生一个代表地表释放信号特征的被接收信号并包含相应于信号频率范围的全部深度的信息。天线 12 与一个乘积检波器 14 通过电路连接，乘积检波器 14 把被接收信号作为第一个输入所接收。该乘积检波器 14 可以是一个解调器，例如 LM1496 和 LM1596，两者都是平衡的调制（器）解调器，可以从位于加利福尼亚的 Santa Clara 市，造型如同一个解调器的 National Semiconductor 公司购到。仪器 10 还

包括一个产生调谐频率的振荡器 16。振荡器 16 最好具有沿包含被接收信号的整个频率范围产生调谐频率的能力。更理想的情况 是振荡 16 能够透过这一频率范围扫描，最好使之具有大约 0.01HZ 到大约 10HZ 的增幅或减幅。该扫描速率最好在大约 1HZ/秒至大约 200HZ/秒之间。振荡器与乘积检波器 14 电相连，该乘积检波器 14 把该调谐频率作为第二个输入来接收。乘积检波器 14 相对于被接收信号冲击该调谐频率，为每一调谐频率产生一个作为输出的被调谐信号。因此，每一调谐信号代表地球内的某一深度并包含与地下异常情况相关的信息，这里既可以是碳氢化合物，如石油和/或天然气，也可以是一种矿藏，如贵重金属等。乘积检波器 14 可以与一个记录装置连接，如管脚式记录仪 18，也可以与一个存储或处理装置相连，如计算机 20。请注意这样的连接不必是直接的电连接，但可以通过一个与仪器 10 进行电路连接的传送器（未示出）来连接。这里的仪器 10 把信号传送到一个带有接收器（未示出）的基区位置，其中的接收器又与记录仪 18 和/或计算机 20 进行电连接。计算机 20 可以存储原始数据并对其进行实时处理或在日后进行处理。随着振荡器 16 透过被接收信号的频率范围进行扫描，产生出一条与频率相关的曲线。该曲线是关于某一特定深度相对于代表深度的频率的信号强度曲线。令人吃惊的是，该曲线的大多数区段都是可重复产生的，这是从相对意义上讲，当把不同频率进行比较时，其信号的相对强度的关系看起来是可重复产生的。再者，由仪器 10 进行的勘测在时间上非常短暂，这是因为一个特定的频率不能保持一段较长的时段以便观察在某一具体位置的信号强度是否随时间而变化。这就避免了可能给勘测带来不必要的错误的被接收信号在总体强度上的任何起伏变动。

因此，由该仪器完成以及由本发明的方法获得的勘测与 Helms 发明的已经发布的美国专利 5148110 号相比是可以区分的。再者，本发明的勘测在静止状态下执行。Helms 认识到，在所接收的信号方面将没有变化，但是他对用信号内容来决定地下构造的特点没有兴趣。Helms 在一个静止位置使用他的发明，仅仅为了探测在他的探测器附近发生瞬态异常情况时的时间变化率，例如，当发生地震活动或一个大量的导电或非导电物质的移动，如潜艇通过该探测器时。请看其中第 7 栏，第 63 行到第 8 栏，第 15 行的内容。这就是 Helms 所指的时间变化信号。否则，Helms 在通过地球表

面的同时使用他的发明来探测作为移动距离的函数的某些特定频率的变化，以此来确定地下异常情况的位置。这就是 Helms 所指的一种（表面）位置变化信号。

请参见图 3，其中所示为本发明另一实施例的被称为仪器 100 的功能示意图。为了改善本发明的仪器的可靠性和可重复性，仪器 100 具有一个电压控测器 22。仪器 100 与仪器 10 相类似，只是仪器 100 还有电压控测器 22 并具有可任选的一个计数器 24（如图中虚线所示）。电压控测器 22 接收来自于乘积检波器 14 经过调谐的信号，探测由该被调谐信号携带的被调谐信息并把被调谐信息转换成脉冲。这些脉冲被电压探险测器 22 输出。脉冲或输出信号可以用数字方式记录在磁带上，也可以模拟形式记录在条带记录仪 18 和/或送进计算机 20 在阴极射线管 CRT（未图示）上显示并进行日后的处理。请注意，电压水平探测器 22 的功能可由仪器 10（图 1）中的对经过调谐的信号进行处理的计算机 20 来完成（经过调谐的信号是被计算机实时接收的）或者事后通过对被存储的经过调谐的信息进行处理并产生信息内容与电压探测器 22 所产生的脉冲等同的数据来完成。

最好对上述脉冲在一预定的时间段上计数来确定其脉冲密度，即单位时间的脉冲数目。无论仪器 10 中的计算机 20 还是仪器 100 中的电压水平探测器 22 都产生脉冲数据，其脉冲密度可使用计算机 20 由脉冲数据来确定。再者，脉冲数据可使用计算机 20 进行管理，如通过改变具体的时间单位，即时间间隔，来测定脉冲密度信息。另一方面，利用如图 3 所示安装就位的电压探测器 22，仪器 100 还可以包含一个计数器 24（虚线表示），该计数器可被设定用来在达到特定的单位时间的脉冲数量时触发一个输出信号。这里的触发点可以被改变，从而改变具体的时间单位，即时间间隔，来测定脉冲密度信息。探测器 22 的输出将由计数器 24 来接收而不是记录仪 18 和计算机 20。另一方面，如果必要，记录仪 18 和计算机 20 既可以接收来自于电压探测器 22 也可接收来自于计数器 24 的输出。

现在参见图 4，图中所示是本发明另一实施例的简化功能示意图。因为由地球表面释放的信号的低频率和低强度，被接收的信号最好经过调节处理以增加频率和信号强度，从而改善对被调谐的信号的探测。因而在图 4 中有一个带有天线 12 的仪器 200，该天线接收来自于地球表面所释放的信号并

产生一个被接收信号。天线 12 通过电路与一个放大器 26 相连。放大器 26 也许是一个可从 Texas Instruments 公司购到的 TL072 型双联运算放大器。因而，该被接收信号被放大并过滤，结果得到一个放大的、经过滤的信号。滤波器 28 经电路与调制器 30 相连。调制器 30 最好是一个边频带调制器，如 LM1496 和 LM1596，这两者都是平衡的调制解调器，可以从位于加州的 Santa Clara 市的 National Semiconductor 公司购到。调制器 30 还与产生载波的振荡器 32 进行电路连接。振荡器 32 可以是任何正弦波振荡器。该信号随后被调制到产生被调制信号的载波上。被调制信号然后由滤波器 34 过滤以消除其中一个边频带，例如较低的边频带，它与较高边频带成镜象图形，因而包含与较高边频带相关的重复信息。调制器 30 也可以通过成形并用作一个单边频带抑制载波解调器。在这一解调器中，所得的结果信号仅含有某一个边频带。该结果信号可在前述发明背景介绍部分所表明的那些已有的无源地球物理勘测仪器中使用，这是因为这个结果信号已经在功率上得到加强并经过过滤，因而比现有方法中经过调节处理的信号具有更好的信号噪声比。

然而，如图 4 所示，仪器 200 最好具有一个乘积检波器 14，一个振荡器 16，和一个记录仪 18 及计算机 20。在这种情况下，振荡器 16 产生一个调谐频率，该调谐频率随后由乘积检波器 14 对经过滤、调制的信号冲击，以便把它调谐至一个特定的频率。振荡器 16 透过经过滤、调谐信号的较高边频带部分的频率范围进行扫描。对于这一范围内的每一所需要的频率，要产生一个相应于所需频率亦即相应于地球中某一深度的被调谐的信号。乘积检波器 14 的输出接着被送到记录仪 18 和/或计算机 20 中。另一方面（未图示），乘积检波器 14 的输出可以被送到图 3 中所示的电压探测器 22 并随后被送到记录仪 18 和/或计算机 20 中。作为另一种方案，电压探测器 22 的输出可被送到图 3 所示的计数器 24 并随后再次被送到记录仪 18 和/或计算机 20 中（使用虚线绘图）。

如涉及图 3 时所讨论的那样，如果仪器 200 具有电压探测器 22，该探测器 22 接收来自于乘积检波器 14 的被调谐信号，探测由该被调谐信号携带的被调谐信息并把被调谐信息转换成脉冲。这些脉冲被电压探测器 22 输出。脉冲或输出信号可以用数字方式记录在磁带上，也可以模拟形式记录

在条带记录仪 18 和/或送进计算机 20 在阴极射线管 CRT (未图示) 上显示并进行日后的处理。上述脉冲在一预定时间段上计数以确定其脉冲密度，即单位时间的脉冲数目。如上所述，电压水平探测器 22 的功能可由那些在该领域的技术熟练者，使用他们熟悉的方法和技术，通过对经过调谐的信号进行处理的计算机 20 来完成 (经过调谐的信号是被计算机实时接收的)，或者事后通过对被存储的经过调谐的信号信息进行处理并产生信息内容与电压探测器 22 所产生的脉冲等同的数据来完成。在所述任何一种方式中，其脉冲密度可使用计算机 20 由脉冲数据来确定。再者，脉冲数据可使用计算机 20 进行管理，如通过改变具体的时间单位，亦即时间间隔，来测定脉冲密度信息。另一方面，利用与图 3 中类似的安装就位的电压探测器 22，仪器 200 还可以包含一个计数器 24，该计数器可被设定用来在达到特定的单位时间的脉冲数量时触发一个输出信号。这里的触发点可以被改变，从而改变具体的时间单位，即时间间隔，来测定脉冲密度信息。

现在参见图 5，它是本发明又一实施例的功能示意图。所描述的仪器 300 具有一个天线 12，一个第一放大器 26A，一个第一高通滤波器 28A，一个低通滤波器 28B，一个第二放大器 26B，一个调制器 30，一个振荡器 32，一个第二高通滤波器 34，一个造型如同一个同步乘积检波器的解调器 14，一个振荡器 16，一个低通滤波器 44，一个第三放大器 36，一个电压计 38，一个电压水平探测器，一个速率计 40 和一个特征曲线探测器 42。

某一实施例中的天线 12 的芯是金属做成的，这种金属对磁场具有高磁化率但是留存时间短。这种金属可以是坡莫合金 (Permalloy)。该金属芯然后由铜质导磁线缠绕。这一组件随后被放入保护壳中，如 PVC 塑料管。在某一特定的实施例中，坡莫合金芯直径大约为 3/8 英寸，长度约 4 到 6 英寸，其线径为 16 的铜质导磁线单层在金属芯圆周上缠绕了大约 2/3 的长度范围。利用这种芯的长度相对较短的天线，最大限度地降低了电感的产生，因而保留了被接收的信号。使用时，天线可被放置在地面上，其主轴基本上与该处地面平行，或者更具体地讲，基本上与一个想象中的从地球中心向地球表面延伸的射线相垂直。

在一个具体的实施例中，这个被接收的信号然后被采用 TL072 双联运算放大器的放大器 26A 所放大。该高通滤波器 28A 是一个由 9 个极组成，

在 60HZ 时有 120 分贝噪降, 使用 TL072 双联运算放大器的有源高通滤波器。低通滤波器 28B 由两极组成, 8000HZ 时有 60 分贝噪降, 使用 TL072 双联运算放大器。高通滤波器 28A 和低通滤波器 28B 的组合导致大约在 90HZ 到 8000HZ 之间的频率通过带。该频带通过信号是使用放大器 26B 放大的信号并被送到边频带调制器 30 的调制输入端。该边频带调制器 30 是一个 LM1496 型平衡调制解调器。这里的载波由一个被设定在 20000HZ 的正弦波振荡器 32 来提供。被调制的信号是使用两极, 20000HZ 时具有 40DB 噪降的有源滤波器 34 进行高通过滤的。这里的有源滤波器 34 由一个 LM356 运算放大器组成。其输出结果具有从大约 20000HZ 到大约 28000HZ 的频率带宽, 这就是被调制信号的较高边频带。该信号随后被送入一个 National Semiconductor 公司生产, 造型如同同步产品探测器 14 的 LM1496 型平衡调制解调器的信号输入端。这里所说的同步乘积检波器 14 输出被输入信号的生成结果以及调谐振荡器 16 的输出信号。调谐扫描振荡器 16 还具有以各种不同设定的从每秒 1HZ 到每秒 50HZ 的连续扫描速度范围, 透过从 20000HZ 到 25000HZ 的频带宽度范围进行连续扫描的能力。由乘积检波器 14 得到的探测信号接着被送入一个设定在 10000HZ 的无源低通滤波器 44, 并且随后使用一个 National Semiconductor 公司生产的 LM380 音频放大器 36 进行放大。音频放大器 36 的输出含有被调制频率的被调解的有价值信息。这一输出信号随后被送入电压水平探测器 22 中。该电压探测器 22 含有一个由 National Semiconductor 公司生产的 LM311 型电压比较器。这一电压探测器 22 把被输入的信号与可选择的直流电压相比较以探测存在于被调谐的解调信号中的标量电位差。这一参考直流电压可以使用电位计被调节至一个为增加或减少该探测器 22 的灵敏性所需要的水平。例如, 该参考电压水平可被设定在象 4.95V 这样一个数值, 使得高于该电平的数量变化将被认为是处在所关心的信号范围内的。上述电压比较器, 亦即探测器 22 经构造成形来输出代表被探测标量电压, 具有 0 到 5V 电压范围的脉冲, 这里的被探测标量电压代表了有关地下地质构造及其所含内容, 即碳氢化合物或贵重金属的重要信息。比较器 22 的输出被送到一个速率计 40 中, 把该输出每秒的脉冲数转换成一个相应的电压。速率计 40 的电压输出被用来建立一个用于记录目的的基本参考线。比较器

22 的输出也被送到一个特征曲线探测器 42 中，探测器 42 计算在一预定的时间段内的脉冲数目并且当预定时间段的预选脉冲数达到式超过时把一个响应输出到记录仪 18 中（图 5 中未示出）。这一预定时间段内的预选脉冲数目最好是可以调节的。这一参量可以根据所关注信号中具有的灵敏性来调节。这一灵敏性差别可归因于要探测的材料（如石油与黄金）和/或在地下构造中所发现的这样的材料数量的差别。来自于比较器 22 的输出也可用于计算机 20（未在图 5 上表示），在计算机中脉冲被数字化并使用在此领域中那些技艺熟练者所熟悉的方法和技术进行处理以确定某一预定时段或单位时间上的脉冲密度。这里被处理的信息随后可被打印机打印（未示出）。

图 6A 到 6G 具有细小差别（必要时在括号中详细说明），它们是图 5 中所示实施例的详图。图 6A 到 6C 说明了天线 12 以及放大器 26A，高通滤波器 28A，低通滤波器 28B，放大器 26B，调制器 30，振荡器 32 和高通滤波器 34 的电路图（一个 LM356 型运算放大器在图 5 的讨论中作了说明并且一对 TL072 型运算放大器在图 6C 中标识），图 6D 和 6E 说明振荡器 16 的电路（在图 6D 和 6E 中示作 16A 和 16B）。图 6F 说明放大器 46（涉及图 5 时未作专门讨论，但在图 5 中以虚线表示，因为在图 6F 中有详细表达），乘积检波器 14，滤波器 44 以及放大器 36（在有关图 5 的讨论时以 LM380 指出并且在图 6F 的讨论中称作 LM384）的电路图。图 6G 说明电压探测器 22，速率计 40 和特征曲线探测器 42 的电路图。

下面是图 6A 到 6G 中的元件清单。涉及可调电阻或电位计时，“(adj)”的字样被标在最大阻值的后面。“TL072”和“TL082”是从 Texas Instruments 公司可购到的运算放大器。“LM1496”、“LM384”、“LM555”和“LM381”是指可从 National Semiconductor 公司购得的产品。“ML2036”是可以从 Micro Linear 公司购到的可编程正弦波发生器。“SPG8540AN”是可从 Analog Devices 公司得到的晶体振荡器。“2N7000”是一个晶体管，其中“G”是门（Gate），“D”指漏极（drain），“S”指源极（Source）。“4516”，“165”，“4013”，“4020”，“4024”和“4060”是该领域的专家熟悉的普通芯片。“OP290”是一个运算放大器。

晶体:

C27—4.194 兆赫晶体

电容:

C1 - 100pF

C2 - 1μF

C3 - 0.1μF

C4 - 0.1μF

C5 - 0.1μF

C6 - 0.068μF

C7 - 0.068μF

C8 - 0.068μF

C9 - 0.068μF

C10 - 0.1μF

C11 - 0.1μF

C12 - 0.068μF

C13 - 0.068μF

C14 - 0.1μF

C15 - .001F

C16 - .001F

C17 - 0.1μF

C18 - 25μF

C19 - 25μF

C20 - 0.1F

C21 - 0.1F

C22 - .002F

C23 - 0.1μF

C24 - 0.001F

C25 - 0.001F

C26 - 1μF

C28 - 0.1μF

C29 - 0.1μF

C30 - 0.01F

C31 - 0.01F

C32 - 0.01F

C33 - 1μF

C34 - 0.1μF

C35 - 5μF

C36 - 5μF

C37 - 0.1μF

C38 - 220μF

C39 - 1μF

C40 - 33μF

C41 - 1μF

C42 - 0.01F

C43 - 0.01F

C44 - 0.1F

C45 - 0.01F

C46 - 0.001F

C47 - 4.7μF

C48 - 0.01μF

C49 - 470pF

C50 - .1F

C51 - 1μF

电阻:

R1 - 500 ohm (adj.)

R2 - 1 meg ohm

R3 - 100 ohm

R4 - 1K ohm

R5 - 100 ohm

R6 - 50K ohm (adj.)

R7 - 1K ohm

R8 - 10.2K ohm

R9 - 17.4K ohm

R10 - 7.5K ohm

R11 - 61.9K ohm

R12 - 17.4K ohm

R13 - 14K ohm

R14 - 3.32K ohm

R15 - 113K ohm

R16 - 2.72K ohm

R17 - 14K ohm

R18 - 1K ohm

R19 - 10K ohm
 R20 - 10K ohm (adj.)
 R21 - 10K ohm
 R22 - 50K ohm (adj.)
 R23 - 10K ohm
 R24 - 100 ohm
 R25 - 100 ohm
 R26 - 100 ohm
 R27 - 13K ohm
 R28 - 10K ohm
 R29 - 1K ohm
 R30 - 1K ohm
 R31 - 820 ohm
 R32 - 1K ohm
 R33 - 1K ohm
 R34 - 10K ohm (adj.)
 R35 - 380K ohm
 R36 - 1K ohm
 R37 - 1K ohm
 R38 - 10K ohm (adj.)
 R39 - 380K ohm
 R40 - 5K ohm (adj.)
 R41 - 3K ohm
 R42 - 1 meg. ohm
 R43 - 20.43K ohm
 R44 - 3.26K ohm
 R45 - 3K ohm

R46 - 10K ohm
 R47 - 10K ohm (adj.)
 R48 - 10K ohm
 R49 - 1K ohm
 R50 - 1K ohm
 R51 - 10K ohm (adj.)
 R52 - 50K ohm
 R53 - 50K ohm
 R54 - 1K ohm
 R55 - 1K ohm
 R56 - 1K ohm
 R57 - 1K ohm
 R58 - 5K ohm (adj.)
 R59 - 1K ohm
 R60 - 6.8K ohm
 R61 - 50K ohm
 R62 - 3.9K ohm
 R63 - 3.9K ohm
 R64 - 1K ohm
 R65 - 10K ohm (adj.)
 R66 - 1K ohm
 R67 - 1K ohm
 R68 - 20K ohm
 R69 - 5K ohm (adj.)
 R70 - 1meg ohm
 R71 - 2.7 ohm
 R72 - 50K ohm

R73 - 2 meg ohm
 R74 - 1K ohm
 R75 - 5K ohm (adj.)
 R76 - 10K ohm
 R77 - 10K ohm
 R78 - 100K ohm
 R79 - 100K ohm
 R80 - 100K ohm
 R81 - 100K ohm (adj.)
 R82 - 20K ohm
 R83 - 100K ohm
 R84 - 1K ohm
 R85 - 100K ohm
 R86 - 6.8K ohm
 R87 - 10K ohm
 R88 - 68K ohm
 R89 - 10K ohm
 R90 - 10K ohm (adj.)
 R91 - 10K ohm
 R92 - 1K ohm
 R93 - 10K ohm (adj.)
 R94 - 1K ohm
 R95 - 1K ohm (adj.)
 R96 - 10K ohm
 R97 - 5K ohm (adj.)

芯片和运算放大器:

U1 - TL072
U2 - TL072
U3 - TL082
U4 - TL082
U5 - TL082
U6 - TL082
U7 - TL072
U8 - TL072
U9 - LM1496
设置: 针1 325mV.
针8 10mV
U10 - SPG 8540AN
基础时钟
U11 - TL072
U12 - TL072
U13 - TL072

U14 - TL072
U15 - TL072
U16 - TL072
U17 - LM149
设置: 针1 400mV
针8 300mV
U18 - TL072
U19 - TL072
U20 - LM384
U21 - LM311
U22 - 2n7000
U23 - 4024
U24 - LM555
U25 - 4060
U26 - LM331
U27 - OP290

U28 - OP290
Z1 - 4516
Z2 - 4516
Z3 - 4516
Z4 - 4516
Z5 - 165
Z6 - 165
Z7 - 4013
Z8 - 4013
Z9 - 4020
Z10 - 4516
Z11 - ML2036

开关:

SW1
SW2
SW3

在 Z1、Z2、Z3 和 Z4 等各个器件中，管脚 10 和 16 与 VCC(电源电压)相连并把管脚 8 和 9 与地极相连。在 Z5 和 Z6 等各器件中，管脚 16 与 VCC 连接，管脚 8 与地相连。Z8 中，管脚 6、7 和 8 与地相连。Z9 中，管脚 8 和 11 与地相连。Z10 中，管脚 1、3、4、5、8、9、12 和 13 与地相连。Z11 中，管脚 11 与 12 与地相连。

例 1:

在本例中，对根据图 6A—6G 中所描述的仪器进行检测，以决定该仪器相对于已知地下碳氢化合物的精度。在东部克罗拉多的 Morrow 地质构造上的 Channing 天然气田被选作该检测的场地。当仪器透过地球释放的无源电磁场的频率扫描时，被调谐的电磁场活动性对由地下碳氢化合物造成的突变发生反应并由记录仪上与已知频率相对的一个尖峰或一系列尖峰表示出来。该频率与图 2 的深度相关联。该油田的含油构造处于地下大约 4600 英尺的地方。该设备很容易被装进一个小型携带盒中，随时可放进户外运动工具车的后背箱。

从不同地点共取得总数为 14 个的读数，但其中两个无效，因为它们的获取不是处在从早晨到午后的最佳时间段中或者因为环境的干扰，如打雷等。剩下的其中 8 个读数处于含油构造地区上，另外 4 个出了该含油构造的边界。在这 8 个读数中，有 6 个读数给出相关深度处具有碳氢化合物的肯定结果。这说明在探测含有碳氢化合物的构造时具有 75% 的成功率。

其中的一个在该油田上的否定读数靠近 Springer 1-33 号油井。人们认为这一否定读数是因这一区域约为 500 英尺厚的薄地质构造以及附近生产油井的作用，使该点的地质构造枯竭而造成的。应当注意到，德克萨斯州的半枯竭油田，如 Delhi 油田和 Katy 油田等，在由这种仪器勘测时确实给出良好的反应结果，但是这些油田的生产来自于较厚的碳氢化合物层距。类似的错误读数发生在洪水泛滥过的构造区域，尤其是在该区域相对较薄的情

况下。

其中一个肯定的读数后来得到了重复。这两个读数非常近似并表现了由该仪器获得的良好可重复性。

4 个取自含油构造边界之外的读数是特别被关注的读数。全部这些读数给出碳氢化合物的否定指示。因此，该仪器在确定地下构造不含碳氢化合物时获得了 100% 的成功率。其它三个在 Morrow 地质构造区的油田也在含碳氢化合物区域的边界之外进行了检验并获得大约 93% 的成功率。这些结果使得该仪器在盲目开掘区作为探测工具具有相当宝贵的价值，至少可排除那些取得多个读数而这些读数基本上对碳氢化合物的存在给出否定指示的区域。

例 2：

在本例中，例 1 中使用的仪器被用于勘测含金地质构造。有一个相关区域进行了勘测。基于地下样品，该仪器利用系统地分布在被勘测区域的多个读数，成功地确定了一个大型金矿并提供了矿脉的厚度和界域及其走向倾角。

说 明 书 附 图

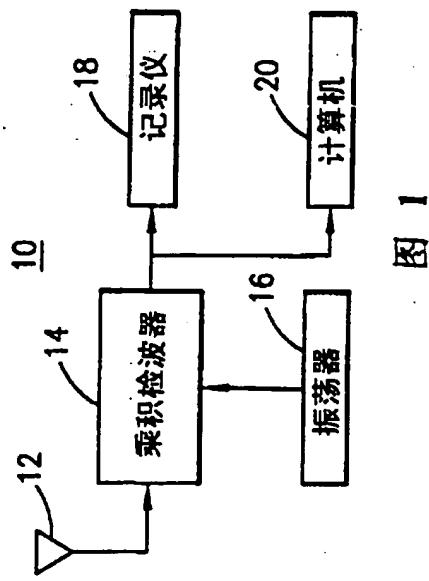


图 1

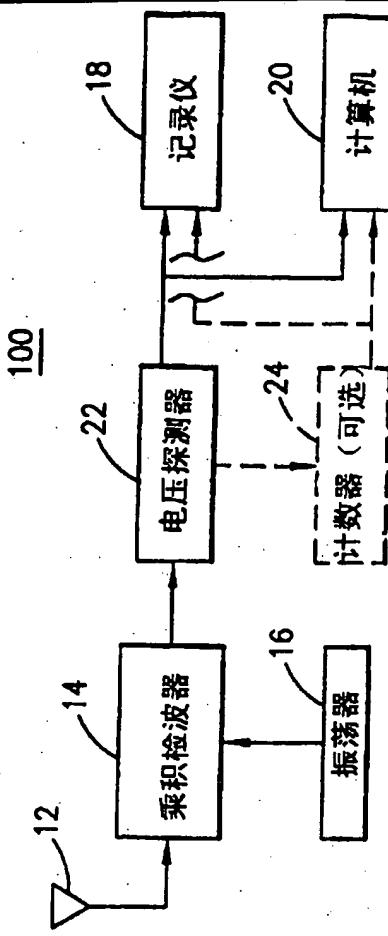


图 3

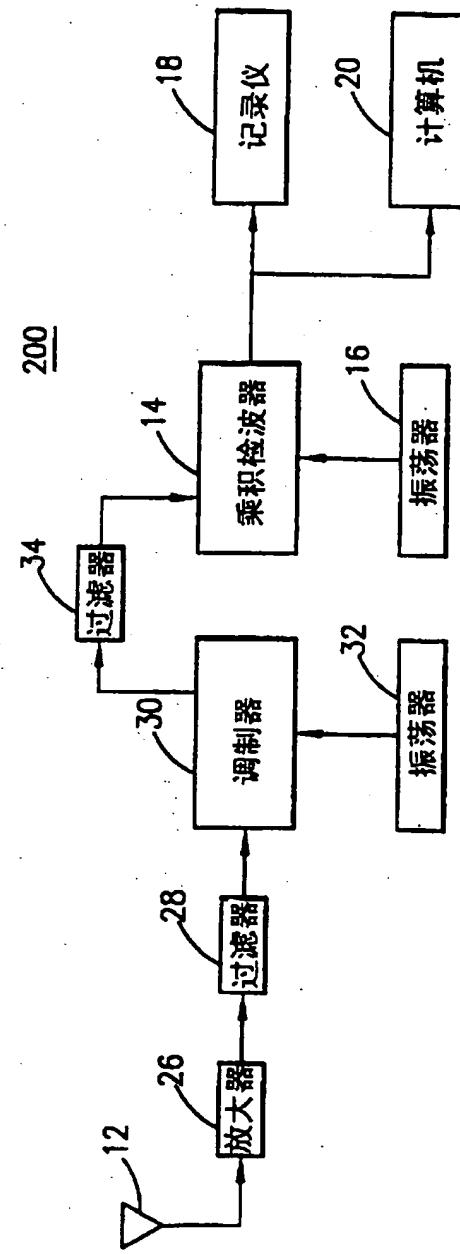


图 4

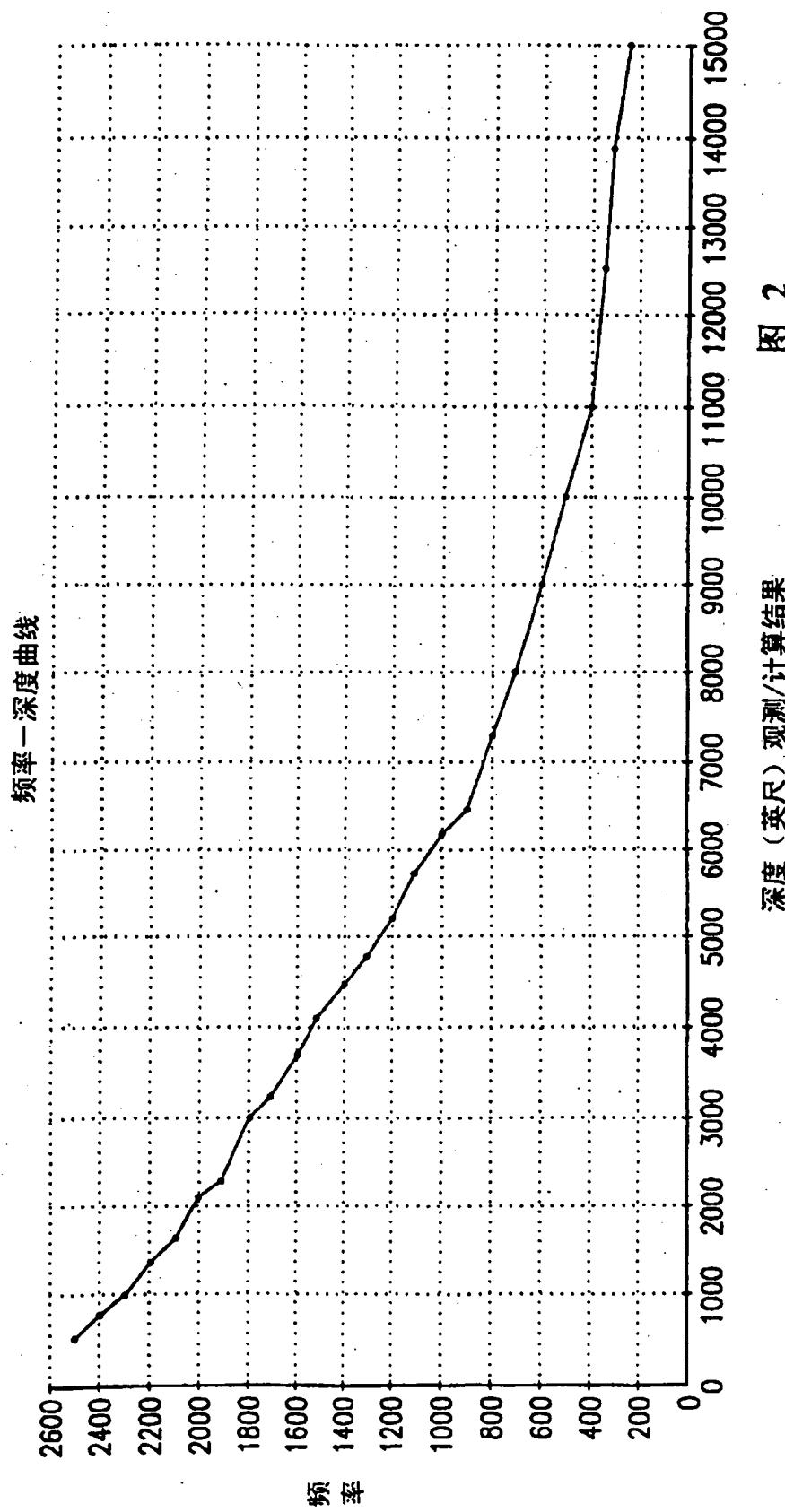


图 2

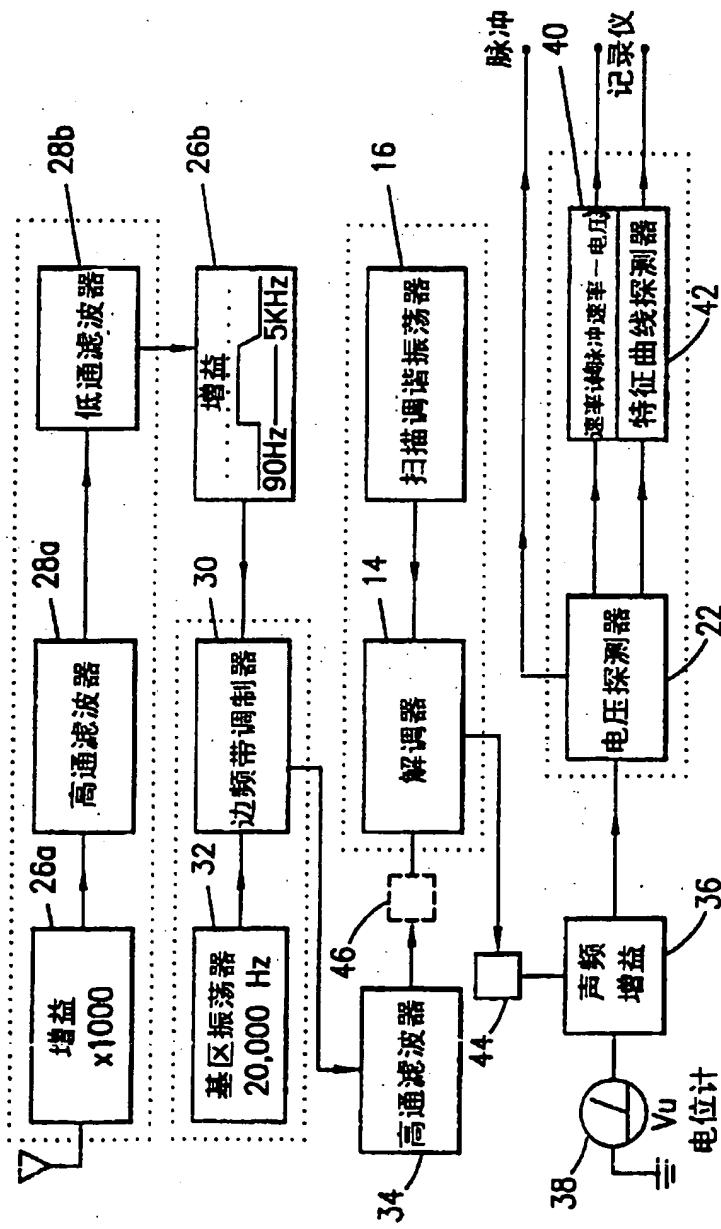


图 5

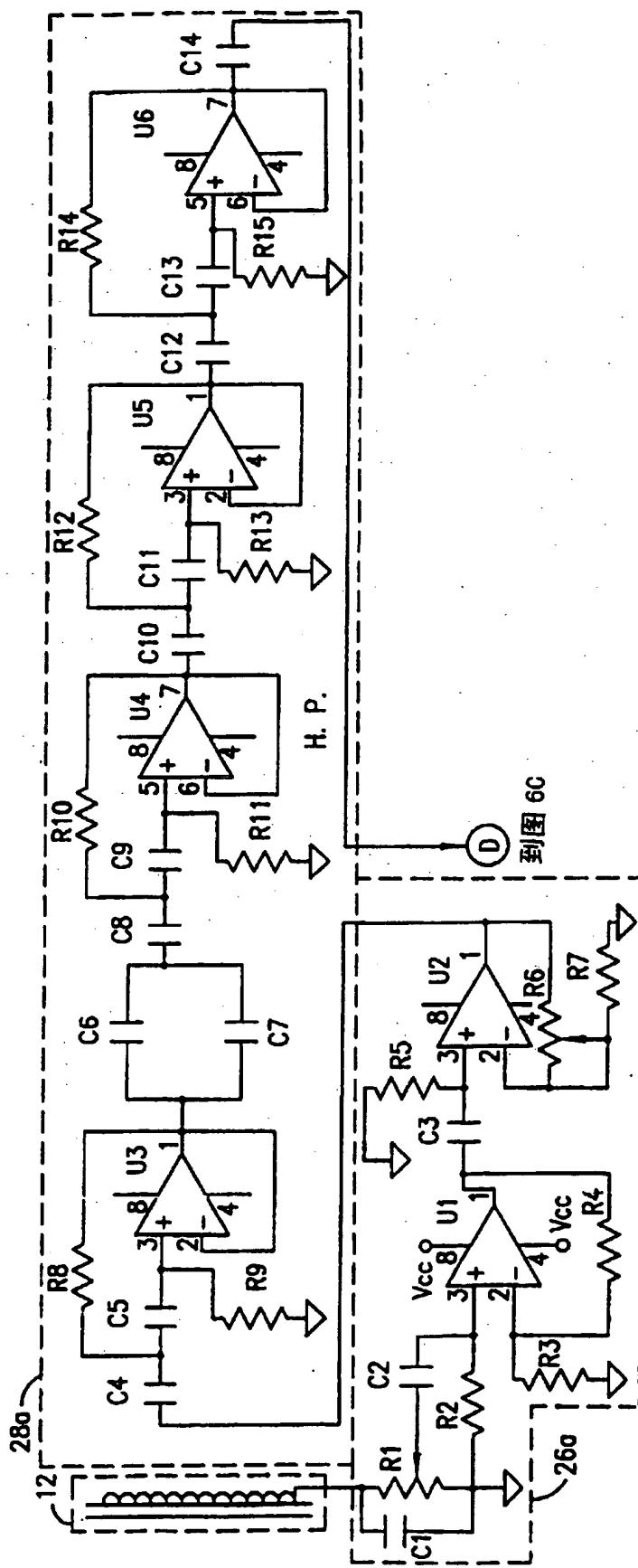


图 6A

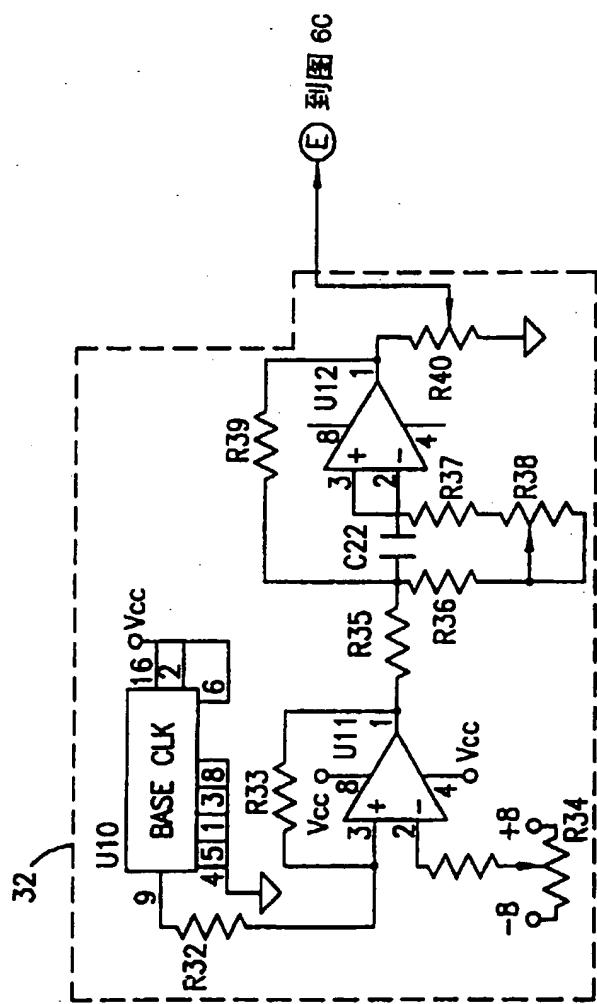
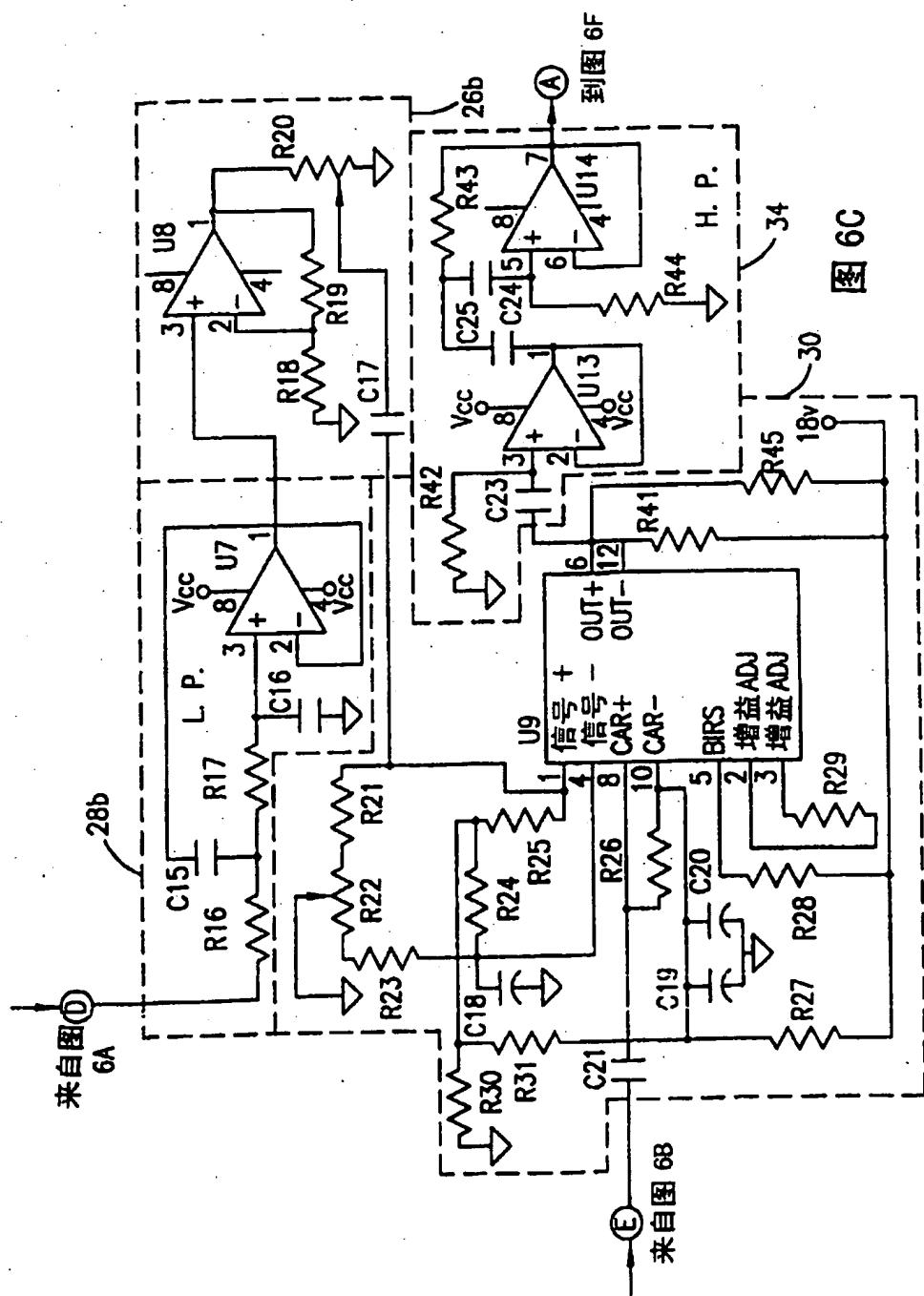


图 6B



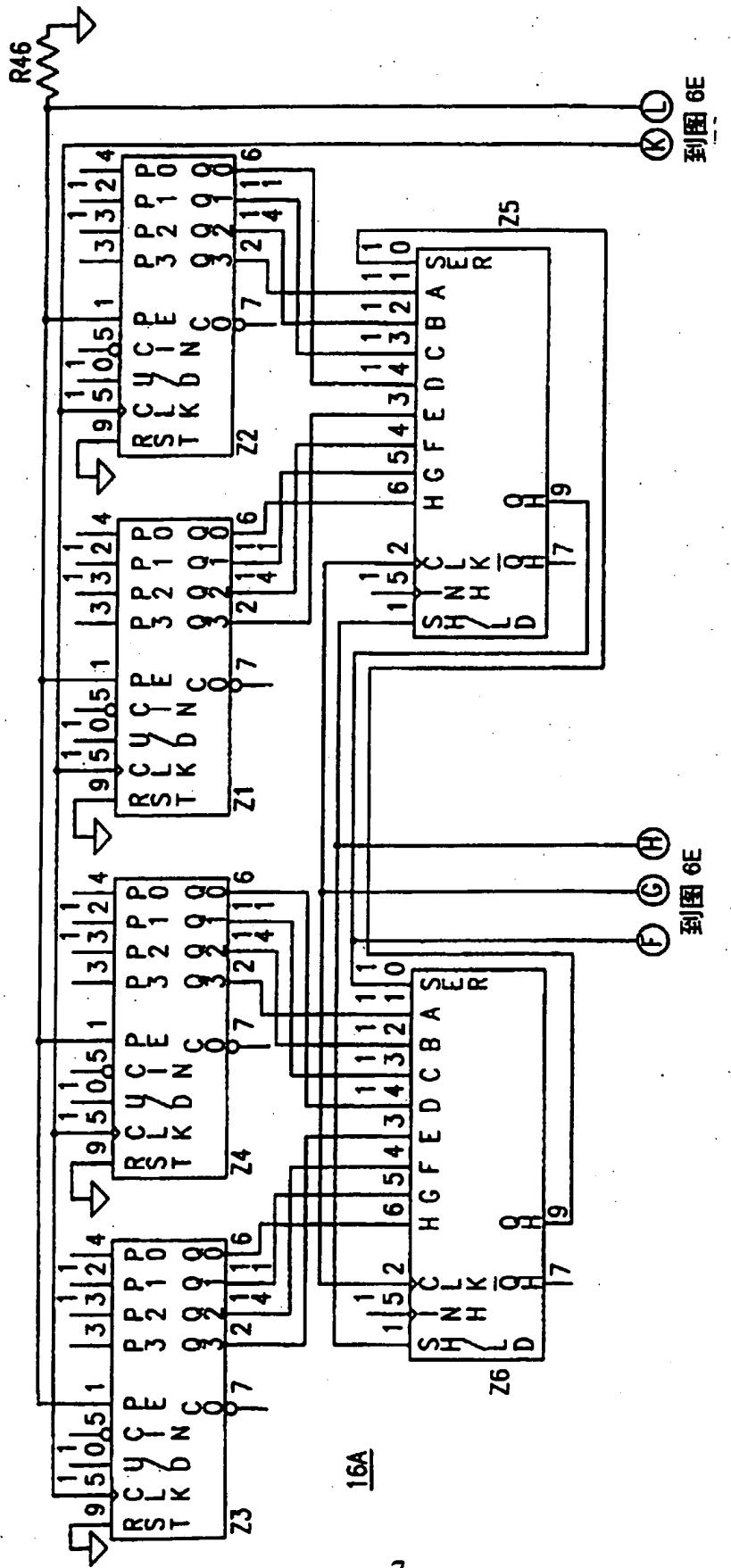
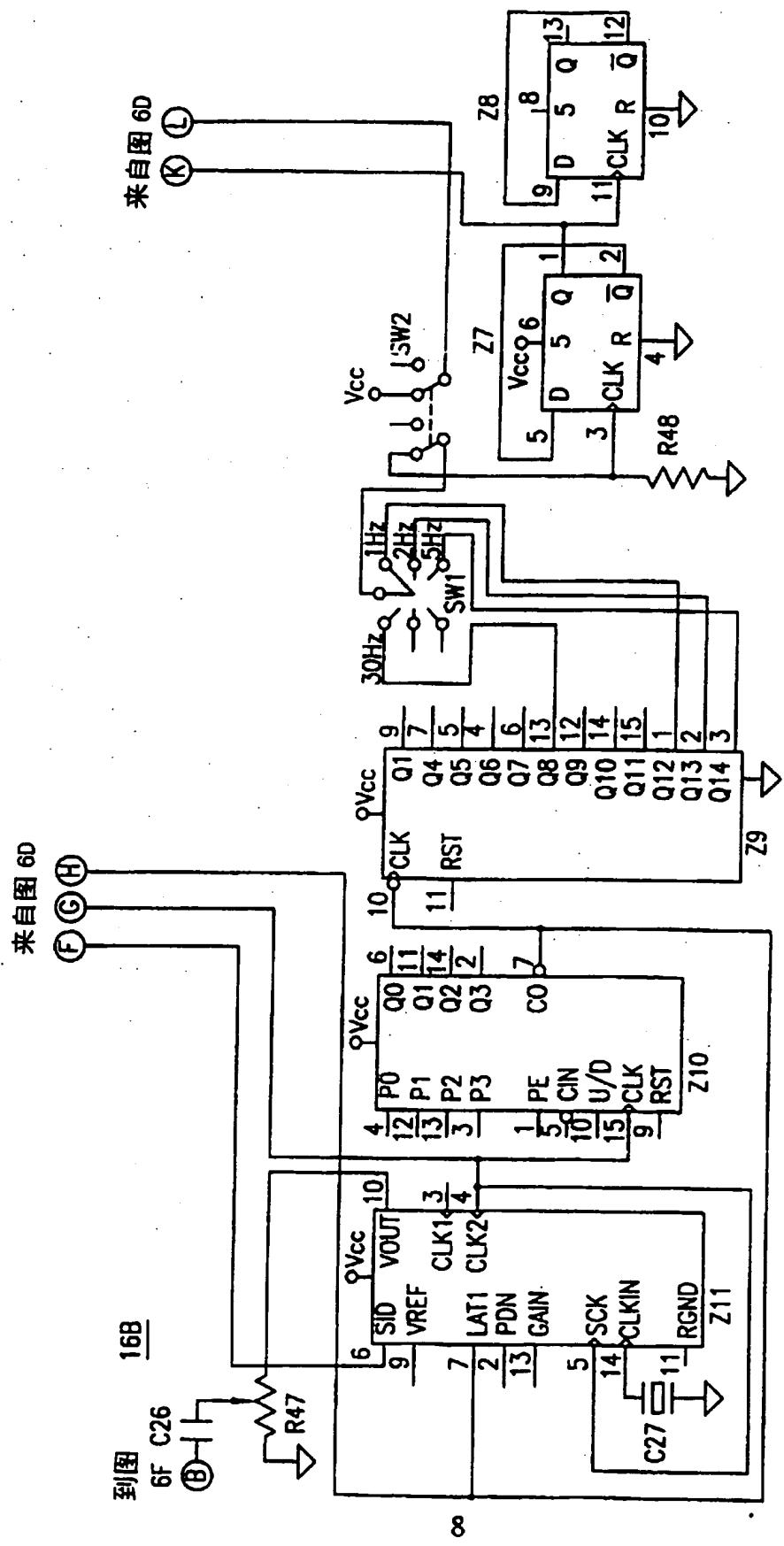
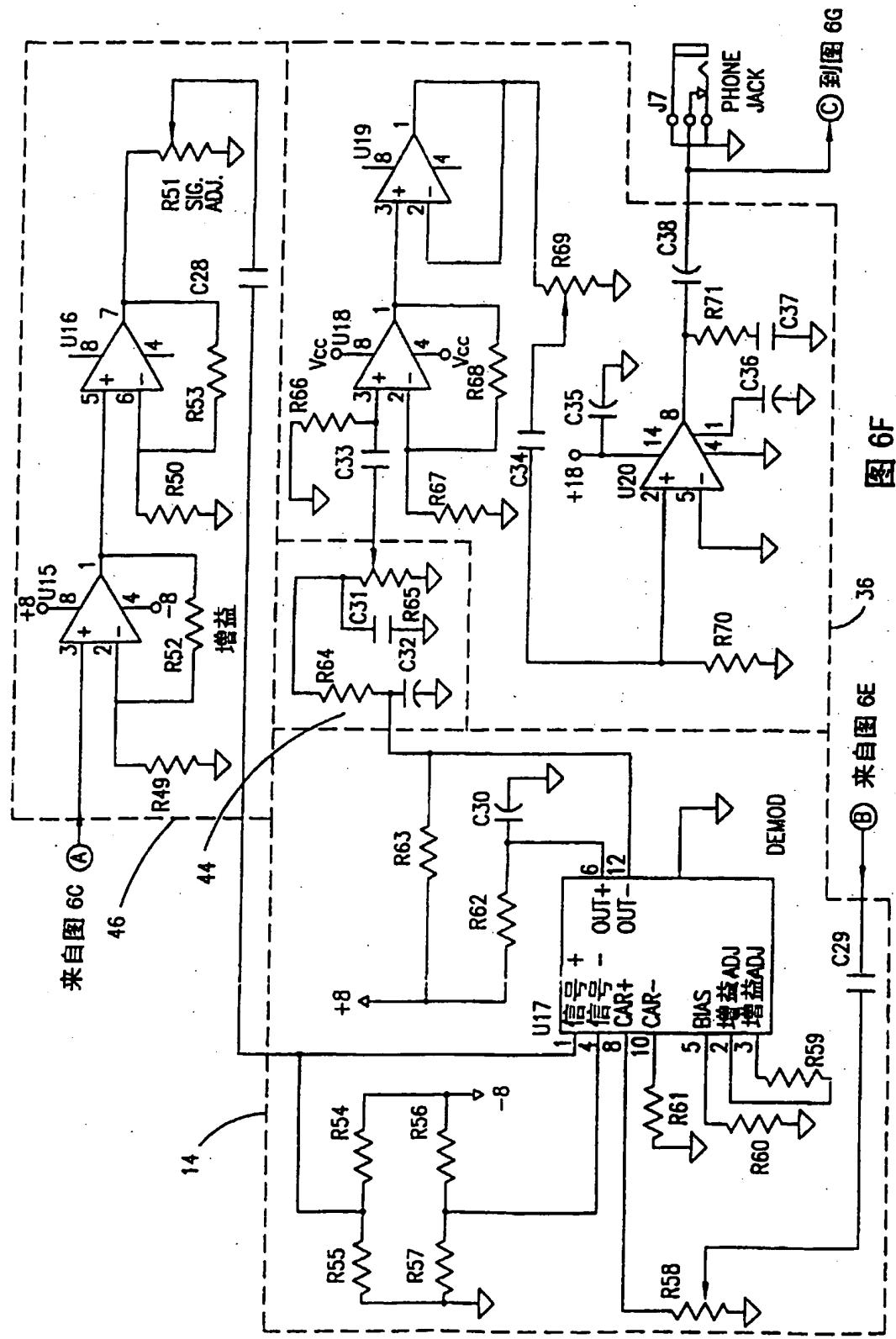


图 6D



6E



66

